



## A INFLUÊNCIA DA VEGETAÇÃO NA ESTABILIDADE DE ENCOSTAS COM ÊNFASE EM MARGEM DE RIO

*Karla Campagnolo<sup>1</sup>; Masato Kobiyama<sup>2</sup>; Laís Helena Mazzali<sup>3</sup>; Maurício Andrades Paixão<sup>4</sup>*

### ABSTRACT –

Occupation and land uses are intrinsically related to your own stability. Due to growing of population and their occupation on hillslopes and floodplains, there is a need of understanding the factors that can influence the slope stability. In this context the present paper aims to perform a review about the influence of vegetation in slope stability considering its characteristics. In general, vegetation contributes to the increase of soil resistance, reducing its moisture by evapotranspiration and attenuating erosion by rainfall interception. The lever effect that happens due to strong winds can cause several damages as fall of trees and landslides, especially at the presence of large trees. In the same way, the weight of the trees can strongly contribute for these phenomena together with high slopes and specific soil properties. In addition, the development of woody debris from fallen trees can change hillslopes and the fluvial environments due its dynamics. Finally, trees presenting different levels of protection against rockfalls according to each individual characteristics, both positive and negative, since it is dependent on the region's characteristics.

**Keywords - vegetation; riparian zone; hillslope and floodplain stability**

---

1) Doutoranda, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS - Campus do Vale, [kbcampagnolo@gmail.com](mailto:kbcampagnolo@gmail.com), (55) 9 9919 4976.

2) Professor titular, UFRGS - Campus do Vale, [masato.kobiyama@ufrgs.br](mailto:masato.kobiyama@ufrgs.br), (51) 3308 6324.

3) Graduanda, Engenharia Ambiental, UFRGS - Campus do Vale, [lais.gae@gmail.com](mailto:lais.gae@gmail.com), (51) 9 9798 0908.

4) Doutorando, Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, UFRGS - Campus do Vale, [mauricio.paixao@ufrgs.br](mailto:mauricio.paixao@ufrgs.br), (51) 9 8947 8383.

## 1 - INTRODUÇÃO

A conscientização da sociedade brasileira sobre a importância da vegetação na estabilidade das margens de rios, buscando informações das encostas naturais em que muitas vezes está inserida, permitirá aumentar a segurança da população que reside nestes locais, principalmente em áreas rurais. Sabe-se que o uso da vegetação como ferramenta para estabilização de encostas e taludes, assim como para redução de desastres, é uma ferramenta muito eficaz.

De um modo geral, a vegetação nativa em um ecossistema ripário tem a capacidade de regular o regime hidrológico e aumentar a resistência do solo através das raízes, por meio, por exemplo, da interceptação da chuva e da evapotranspiração que removem a umidade do solo (Wu *et al.*, 1979). No entanto, dependendo do formato da copa, comprimento do tronco, entre outros fatores, além de seu próprio peso, pode se gerar uma instabilidade na encosta natural ocasionada pela ação dos ventos ou de chuvas muito intensas. Lemes (2011) enfatiza que a ocorrência de deslizamentos em encostas tem sérias consequências à vida humana, às edificações, às estradas, bem como ao meio ambiente.

Por esta razão, o conhecimento sobre a influência do revestimento vegetal é de extrema importância. Neste trabalho, foi feito um resumo sobre a influência da vegetação na estabilidade de encostas, com ênfase em margem de rio, considerando a vegetação existente no sul do Brasil. Kobiyama *et al.* (2012) enfatiza que o reconhecimento dos papéis que a floresta exerce permitirá seu uso e manejo adequado no contexto do gerenciamento de desastres naturais.

## 2 - HIDROLOGIA DE ENCOSTAS VEGETADAS

Em encostas de ambientes tropicais, a vegetação define um papel fundamental na dinâmica hidrológica, pois altera a distribuição da umidade no sistema. Quando a cobertura vegetal é retirada e, conseqüentemente, a proteção do solo contra o impacto direto da precipitação, há uma intensificação dos processos erosivos, iniciando com a formação de sulcos, que podem evoluir para ravinas, e com o tempo poderão comprometer de forma drástica a estabilidade destes ambientes (PORTOCARRERO *et al.*, 2006).

Michel *et al.* (2013) dizem que modelos computacionais utilizados para mapeamento de áreas susceptíveis a desastres hidrológicos baseiam-se em formulações que demonstram a estabilidade geralmente expressas em termos de Fator de Segurança (FS). Em geral, na formulação do FS, a presença de vegetação é desconsiderada. Entretanto, os autores enfatizam que em locais onde o clima é quente e úmido, como em boa parte do território brasileiro, esta presença vegetal não deveria ser negligenciada.

A vegetação ripária atua através da conservação da água e dos solos. Mas esta interferência pode ser positiva ou negativa para a estabilidade do sistema, dependendo das condições da mesma e da própria vegetação. Kobiyama e Silva (2003) dizem que a vegetação das margens em

encostas naturais pode atuar como medida estrutural de estabilidade através de quatro maneiras: na fixação de vertente, na interceptação de rochas que caem da montante, filtragem dos sedimentos e na redução de erosão marginal do rio.

Em relação à interceptação de rochas, Stokes (2006) diz que existe um valor relativo para diferentes espécies de árvores em relação à proteção contra quedas de rochas, já que elas podem ser muito diferentes entre si.

### 3 - VEGETAÇÃO RIPÁRIA E ASPECTOS MECÂNICOS

As margens ou taludes fluviais apresentam a geometria inclinada em relação ao leito do rio, desta forma, esta inclinação, por definição, torna-se um ambiente frágil, sendo que esta fragilidade é potencializada pela grande influência do fluxo que a área sofre, originando erosão marginal.

As propriedades mecânicas de uma margem estão relacionadas principalmente à sua composição granulométrica, e no caso da resistência à erosão, uma variável fundamental é a coesividade dos sedimentos, sendo esta proporcional ao teor de argila do solo, e desta forma, quanto mais argilosa a margem, maior resistência ela demonstra aos processos de remoção (ROCHA e SOUZA FILHO, 2008). Ao mesmo tempo, os autores afirmam que a cobertura vegetal da margem é outra variável importante que contribui para o aumento da resistência à erosão.

A partir dos trabalhos analisados, podem-se observar na Figura 1 alguns fatores mecânicos que influenciam a estabilidade de margens fluviais.

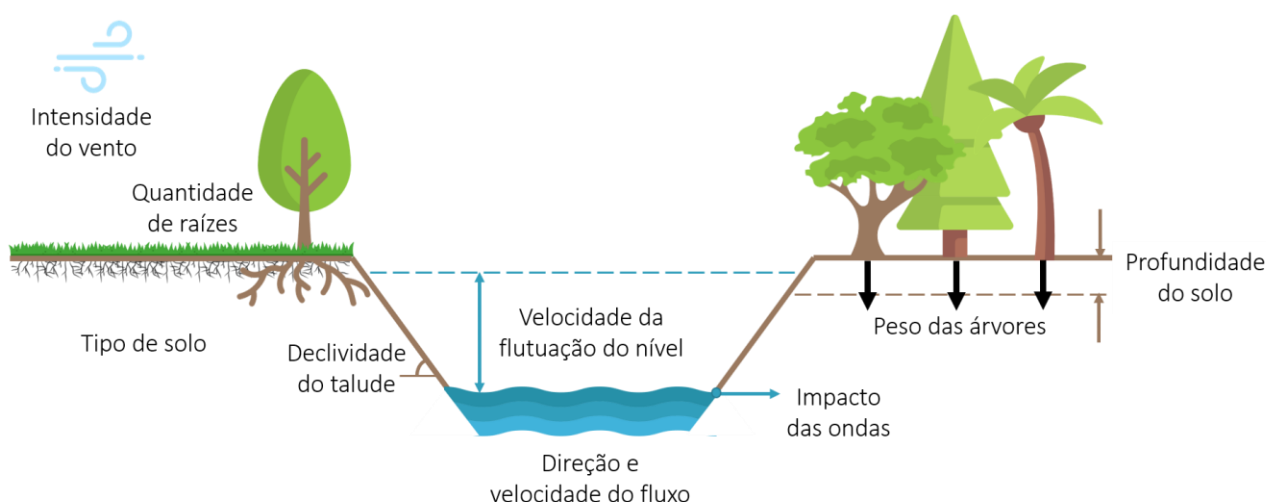


Figura 1 – Fatores mecânicos que influenciam a estabilidade das margens de rios (Fonte: autoria própria).

Sabe-se que um talude marginal pode ser desestabilizado por diferentes forças, podendo ser por erosão regressiva (ou carregamento do material subterrâneo face à percolação da água), pelo choque das ondas do rio nos taludes, ou ainda pela ausência de vegetação na superfície do talude,

pois desta forma, a insolação promove o ressecamento do solo, gerando instabilidade do talude pela ausência do sistema radicular e facilitando a remoção do material pela ação do vento ou pela força da gravidade (GUIMARÃES *et al.*, 2010).

Em relação à importância da velocidade de flutuação do nível do rio, Guimarães *et al.* (2010) também destacam que esta flutuação influencia a erosão marginal através da produção de fluxos e refluxos de subsuperfície nas margens arenosas, transportando material fino que age no solapamento da base e desestabilizando o talude. Rocha *et al.* (2001) adicionam que a velocidade de fluxo aumenta conforme a subida de nível da água, portanto quanto maior esta velocidade, maior a taxa de erosão.

### 3.1 - Efeito “alavanca”

A partir desta perspectiva, deve-se considerar o efeito “alavanca” que árvores de grande porte sofrem quando suas copas são atingidas pelo vento, em que a força cisalhante é transferida pelos troncos das árvores ao solo. Desta forma, se junto ao talude de um rio há um espécime de grande porte, a ação do vento pode causar a queda da árvore dentro do canal, bem como a desestabilização das margens, bem como o desbarrancamento.

Existe um consenso entre os técnicos que trabalham com o ambiente natural de que as plantas desempenham um importante papel na proteção do solo e na prevenção dos seus movimentos coletivos. Durlo e Sutili (2005) destacam ainda que a proteção se dá principalmente pelo efeito do sistema radical, que providencia um reforço mecânico, acrescentando substancialmente a resistência das massas terrosas ao cisalhamento. Contudo, os autores ressaltam que a vegetação origina uma sobrecarga vertical no talude, e a ação do vento sobre a copa de árvores altas transmite fortes tensões a este, enfraquecendo-o ou mesmo alavancando-o em dias de vento forte (Figura 2).

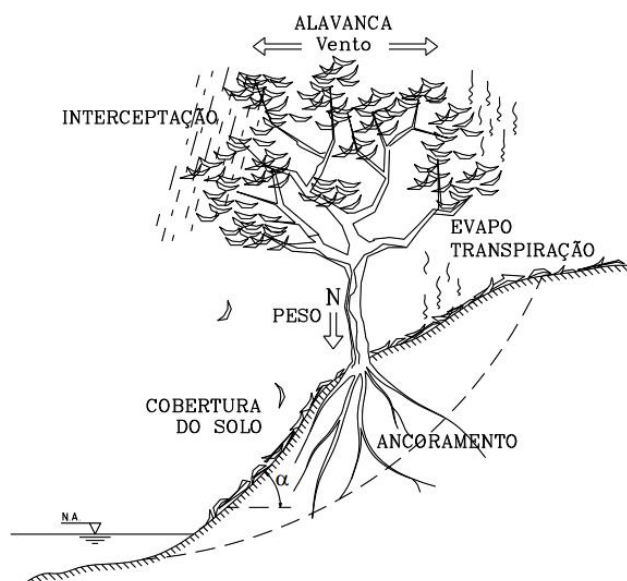


Figura 2 – Efeitos da presença de uma árvore na estabilidade do talude fluvial (Fonte: Durlo e Sutili, 2005).

### 3.2 - Influência da morfologia das raízes

Lemes (2001) afirma que árvores com raízes pivotantes, por exemplo, não deveriam ser mantidas em encostas íngremes, pois além do crescimento das raízes, em dias de vento forte, estas árvores sofrem o efeito alavanca, relatado anteriormente, sendo que estes efeitos são mais destruidores quando as fraturas se apresentam alteradas ou quando o maciço se apresenta como rocha alterada (Figura 3). Pode-se comparar esta característica ao efeito de árvores com raízes pivotantes em taludes de rios. Além disso, as raízes pivotantes podem servir como caminho preferencial na drenagem da água no solo, facilitando a ocorrência de erosão e enfraquecimento do solo.

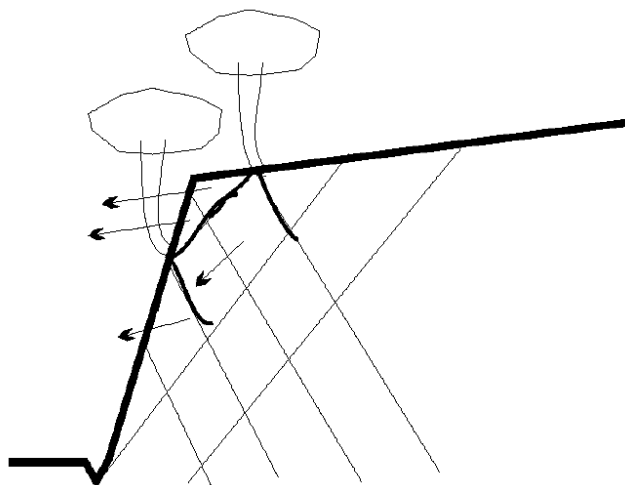


Figura 3 – Influência das raízes em cortes em materiais rochosos com fraturas desfavoráveis. Fonte: adaptado de Lemes (2001).

Em estudo realizado na região central do estado do Rio Grande do Sul, Sutilli (2007) observou que a estabilidade das margens não era garantida em regiões em que capoeiras nativas foram substituídas por florestamentos de eucalipto, pois seu sistema radicular é pouco apropriado e a grande massa aérea faz com que, gradualmente, sejam escavados e os indivíduos levados pelo fluxo de água.

### 3.3 - Peso das árvores

A sobrecarga vertical causada pelo peso das árvores é dependente da inclinação da encosta e das características do solo. Michel *et al.* (2013) ressaltam ainda que esta sobrecarga gerada pela presença da vegetação possui componentes paralela e perpendicular à encosta, as quais favorecem cisalhamento do solo e sua estabilização, respectivamente.

Sabe-se que a vegetação ripária apresenta-se de diversas formas na natureza, por vezes com alguns indivíduos clímax que se destacam na paisagem, como a Araucária, mas com a maioria

sendo de médio porte, no dossel. Em relação a estas árvores altas, Lemes (2001) destaca que o peso destes indivíduos aumenta a força normal e a instabilidade.

Desta forma, deve-se evitar o florestamento com indivíduos de grande porte junto à zona ripária do rio e, principalmente, próximo ao talude, evitando que o peso destes indivíduos crie instabilidade.

### 3.3 – Detritos lenhosos no canal do rio

Na ilustração de Cohen e Brierley (2000) pode-se observar como os detritos lenhosos, chamados de *woody debris*, atuam na evolução do canal através do deslizamento dos taludes (Figura 3).

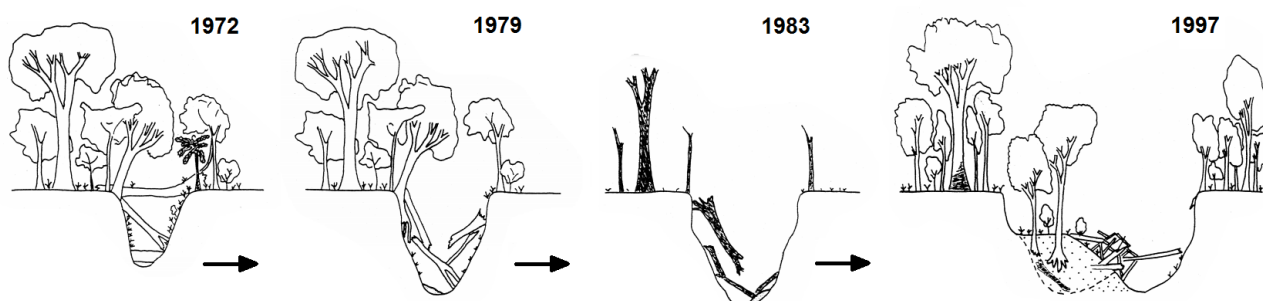


Figura 3 – Diagrama esquemático da mudança provocada por detritos lenhosos em um rio. Adaptado de Cohen e Brierley (2000).

A figura acima demonstra que árvores de grande porte podem alterar de forma significativa a dinâmica fluvial. Montgomery *et al.* (2003) confirmam que, dependendo dos tamanhos da árvore e do rio, ao cair no canal e transformar-se em detrito lenhoso ela pode permanecer estável ou ser transportada à jusante, ou ainda formando barramentos naturais, tendo desta forma diferentes consequências ao sistema.

As características da vegetação localizada às margens dos rios desempenham grande importância na dinâmica dos sedimentos a serem barrados nos depósitos de detritos lenhosos que eventualmente se formam, pois se a vegetação for de grandes dimensões, pode haver significativa interferência no canal, dependendo do tamanho do mesmo (DIAS e THOMAZ, 2011). Kobiyama e Silva (2003) ressaltam que a vegetação ripária é um dos fatores mais importantes na melhoria do ambiente fluvial, e que, para prevenção de desastres naturais, é necessário manter uma boa condição dessa vegetação.

## 4 - CONCLUSÕES

A revisão bibliográfica realizada permite identificar os efeitos benéficos e adversos que a presença de vegetação em distintas condições pode acarretar na estabilidade de encostas e



margens de rios. De forma geral, a vegetação aumenta a coesão e, consequentemente, a resistência do solo ao diminuir sua umidade e amenizar o impacto direto da precipitação pela proteção de suas folhas. Os principais fatores que determinarão se as consequências serão positivas ou negativas são as características da vegetação - como porte, tipo de raízes, peso e sua eventual transformação em detritos lenhosos estacionários ou dinâmicos. Vegetações de grande porte e que apresentam raízes do tipo pivotante podem propiciar maior intensidade do efeito alavanca, ocasionando em suas quedas a desestabilização das margens. Já a ação do seu peso – concomitantemente com o grau de inclinação do terreno e as características do solo – pode ocasionar tanto maiores forças de cisalhamento quanto maior estabilização do solo. Igualmente, cada tipo de vegetação desempenha um nível de proteção diferente contra quedas de rochas. Por último, a evolução da vegetação em detritos lenhosos móveis ou imóveis pode alterar o sistema fluvial em diversas formas.

Por conseguinte, considerando a atual intensificação da ocupação em áreas próximas a locais instáveis, é imprescindível o conhecimento, por parte da sociedade civil e governamental, da contribuição da vegetação à estabilidade do solo, e como a vegetação pode auxiliar na manutenção de encostas e margens de rios, diminuindo a ocorrência de desastres.

---

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COHEN, T.J.; BRIERLEY, G.J. (2000). *Channel instability in a forested catchment: a case study from Jones Creek, East Gippsland, Australia*. *Geomorphology*, v.32, p.109-128.

DIAS, W.A.; THOMAZ, E.L. (2011). *Influência de escombros lenhosos na dinâmica de riachos em área de faxinal*. *Terr@Plural*, v.5, N. 2, pp.229-248.

DURLO, M.A.; SUTILI, F.J. (2005). *Bioengenharia: manejo de cursos de água*. EST Edições, Porto Alegre/RS, 189p.

GUIMARÃES, M.F.R.; HOLANDA, F.S.R.; ROCHA, I.P.; ARAUJO-FILHO, R.N.de; VIEIRA, T.R.S. (2010). *Indicadores ambientais para o estudo da erosão marginal do rio São Francisco*. *Caminhos de Geografia*, v.11, p.75-83.

KOBIYAMA, M.; MICHEL, G. P.; GOERL, R. F. (2012). *“Relação entre desastres naturais e floresta”*. *Revista Geonorte*, v.1, N.6, p.17-48.

KOBIYAMA, M.; da SILVA, R.V. (2003). *“Uso da zona ripária na prevenção de desastres naturais”* in I Seminário de Hidrologia Florestal, Alfredo Wagner/SC, 2003, v.1, pp. 102-111.

LEMES, M.R.T. (2001). *Revisão dos efeitos da vegetação em taludes*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil – UFRGS, Porto Alegre/RS, 140p.

MICHEL, G.P.; KOBIYAMA, M.; GOERL, R.F. (2013). “Formulação do Fator de Segurança considerando a presença de vegetação” in Anais do XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Bento Gonçalves/RS, 2013, pp. 1-8.

MONTGOMERY, D.R.; COLLINS, B.D.; BUFFINGTON, J.M.; ABBE, T.B (2003). *Geomorphic effects of wood in rivers*. American Fisheries Society Symposium, American Fisheries Society, pp. 1-27.

PORTOCARRERO, H.; ANDRADE, A. G. de; CAMPOS, T. M. P. de; FERNANDES, N. F. (2006). *Aspectos Hidrológicos e Mecânicos da Vegetação na Estabilidade de Taludes e Encostas Naturais*. Embrapa Solos, Rio de Janeiro/RJ, 41p.

ROCHA, P.C.; SOUZA FILHO, E.E. (2008). *Erosão Marginal e Evolução Hidrodinâmica no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Paraná - Centro Sul do Brasil*, in Geomorfologia: Aplicações e Metodologia. Org. por João Osvaldo Rodrigues Nunes; Paulo César Rocha. Ed. Expressão Popular, São Paulo (SP), v.1, p.127-149.

ROCHA, P.C.; SOUZA FILHO, E.E.; COMUNELLO, E.; CORREA, G.T. (2001). *Evolução Hidrodinâmica e Processos Erosivos Marginais nos Canais do Sistema de Inundação do Alto Rio Paraná, Região Centro-Sul do Brasil*. Pesquisas em Geociências, v.28, N.2, p.161-170.

STOKES, A. (2006). *Selecting tree species for use in rockfall protection forests*. Forest Snow and Landscape Research, v.80, N.1, p.77–86.

SUTILI, F.J. (2007). *Bioengenharia de solos no âmbito fluvial do sul do Brasil*. Universidade Rural de Viena, doutorado em Engenharia Natural (Tese). 95p.

WU, T. H.; MCKINNELL, W.P.; SWANSTON, D.N. Strength of tree roots and landslides on Prince of Wales Island, Alaska. Canadian Geotechnical Journal, v. 16, n.1, p. 19-33, Fev. 1979.